

Title	人力無尾翼機のヨー方向の操舵方法における軽量化及び抗力に関する研究
Author(s)	松本, 知季
Citation	平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書
Issue Date	2019-04
Text Version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/71951">http://hdl.handle.net/11094/71951</a>
DOI	
rights	
Note	

## 平成30年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏 名	まつもと はるき 松本 知季	学部 学科	工学部 電子情報工学科	学年	2 年
ふりがな 共 同 研究者氏名	やぶの そうすけ 藪野 惣祐	学部 学科	工学部 応用理工学科	学年	3 年
	たなか けんた 田中 健太		工学部 応用理工学科		2 年
	ささだ あきのぶ 笹田 明伸		理学部 数学科		2 年
アドバイザー教員 氏名	おざき まさのり 尾崎 雅則	所属	工学研究科 電気電子情報工学専攻		
研究課題名	人力無尾翼機のヨー方向の操舵方法における軽量化及び抗力に関する研究				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。（先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。）				

## 1. はじめに

私たちは大阪大学飛行機制作研究会に所属し、毎年、前年度の反省点を踏まえて設計に改善を加えながら人力無尾翼機を設計及び製作している。本年度の機体設計では、機体の軽量化及び有害抗力の削減を主目的とした操舵方法の改善を図り、シミュレーションソフトによる数値計算と模型による風洞実験を行った。

## 2. ヨー方向の操舵機構と本実験の動機および目的

現在、主翼の端に進行方向に対し左右に板を開き左右の翼で発生する抗力が異なることでヨー方向の操舵を行う機構を設けている。だが、板を開く方向は進行方向に対し上下に開く操舵方式(図1は進行方向に対し横から見た図)も考えられ、板を上下に開く場合、主翼の構造が単純化し軽量化を行える。その一方、迎え角が一定であれば板を上下に開くと、板を左右に開く場合と異なり、翼では抗力だけでなく揚力の変化も発生する。しかし、迎え角の増加に伴い揚力は増加するので、板を開く角度に加えて迎え角も同時に変化させることで揚力の増減を防ぎ、抗力だけを増加できると考えられる。そこで本実験では迎え角、上操舵板の角度、下操舵板の角度の3つを制御することで必要となる揚力、抗力が得られるかを検証した。

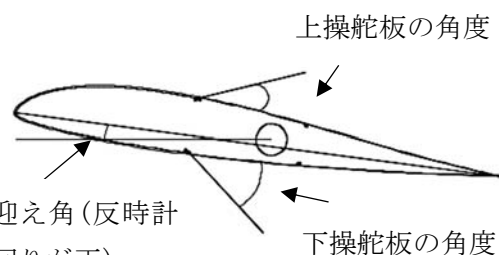


図 1

### 3. シミュレーションソフト XFLR5 による数値計算

#### 3.1 XFLR5 の適用条件

XFLR5 では、迎え角を変化させた場合に翼に働く揚力及び抗力を計算した。また、XFLR5 では操舵板を開いた状態の解析はできないため、操舵板の角度が上下ともに 0 度である場合についてのみ計算を行った。

#### 3.2 XFLR5 の計算方法と計算結果

XFLR5 では計算方法として VLM(渦格子法)を使い、パネル数 1000 に分割して計算を行った。

実験に使用した模型について解析を行うと、計算結果は以下の表のように求められた。

迎え角[° ]	揚力[N]	抗力[N]
-2.5	-1.49	0.25
0	0.83	0.23
2.5	3.15	0.31

表 1

### 4. 操舵機構をもつ翼模型による風洞実験

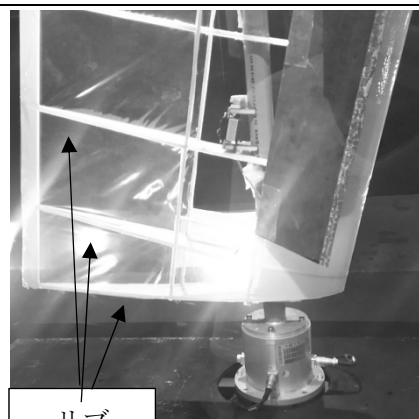
#### 4.1 目的

前述の通り、機体の操舵方法の改善が目標であるため、今回新しく考案した操舵機構の特徴について知る必要がある。そのため風洞実験を通して、下記に示すそれぞれの場合に模型に働く力を数値化することで、実機体に運用可能であるかの検証につなげることが期待できる。

-2.5 度、0 度、2.5 度の 3 つの迎え角のそれぞれについて、上操舵板の角度及び下操舵板の角度の組み合わせを以下の表 3(4.3 測定結果のデータ)のようなパターンに分けそれぞれの場合について模型に働く力を測定する。

#### 4.2 使用器具、測定方法

大阪大学工学部研究用水槽保有の和泉測器株式会社「LMC-4107-20」4分力検出器を借用し、ACアダプター及びアンプを用いてパソコンに繋ぎ、4分力検出器で検出された力を数値化した。また、模型の固定方法については写真1のように4分力検出器にボルトで固定した。このとき模型のパイプと治具もボルトで固定されている。この固定方法では、模型の迎え角、操舵板の角度、振動により、4分力検出器で検出される値は変化するため、計39パターンについてそれぞれ次の(a),(b),(c)に基づいて模型にかかる力を数値化した。



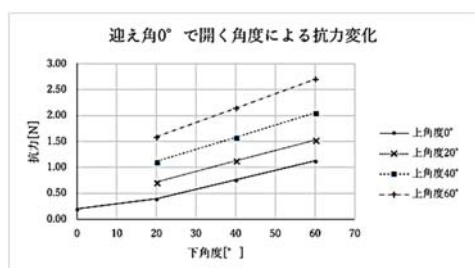
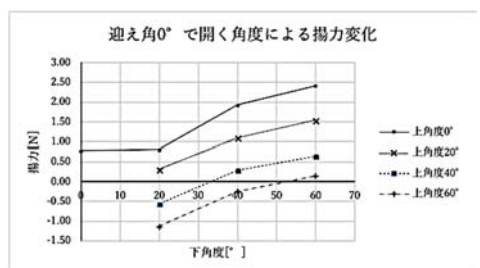
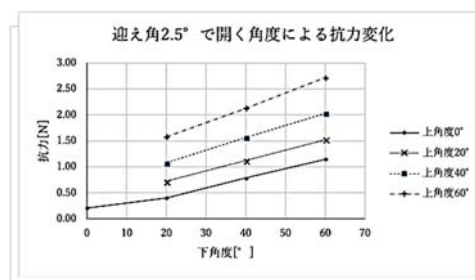
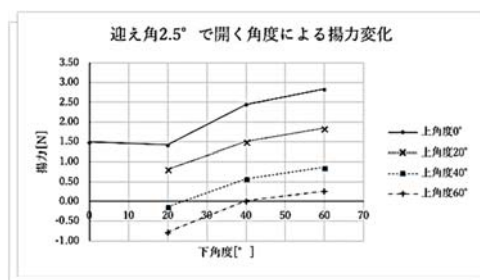
リブ

写真 1

- (a) 風速 0m/s の状態で4分力検出器が示す値の10秒間の平均値を取る。
- (b) 風速 7.7m/s の状態で4分力検出器が示す値の10秒間の平均値を取る。
- (c) (b)の値から(a)の値を引く。

#### 4.3 測定結果のデータ

4.2 に示した測定方法で揚力と抗力について計算すると測定結果のデータは以下のグラフのようになった。次の考察において詳しく考察を行う。



## 5. 考察

### 5.1 理論値との比較

実験値と理論値を比較したところ、図 2, 3 のようになった。

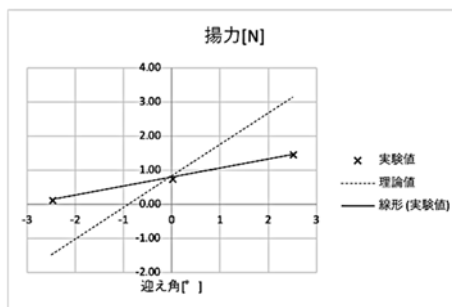


図 2

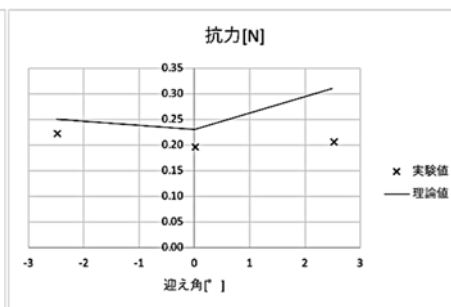


図 3

図 2 から理論値に対し、実験値は約 0.3 倍の傾きを持つ直線上に分布していることがわかった。この傾きの違いは有意な違いであり実験方法に問題があったのではないかと考え、5.2 実験方法についての考察 で考察を行う。

## 5.2 実験方法についての考察

### 5.2.1 製作誤差

まずはじめに製作方法での誤差が引き起こす違いについて考えた。製作誤差により、迎え角のずれがリブ(写真 1 翼の骨組み部分)の取り付け位置に応じて生じていた場合 xflr による解析では、図 2 に示した理論値の直線の傾きは変化せず、y 切片だけが変化したため、関連性はないと考えられる。

### 5.2.2 風洞に対する模型の大きさ

つぎに風洞に対して模型の大きさが適切であったかを考えた。カルマン・プラントンの $\frac{1}{7}$ 乗則によると、風洞内の流速の分布は壁からの距離によって変化する。今回の実験では 1.8m×1.8m の風洞で高さ約 1m の模型を用いて行ったが、流速の分布を考慮し、模型の大きさを適切にすることでより精度の高い実験結果が得られると考えられる。

### 5.2.3 煙による流れの可視化

模型の上操舵板および下操舵板について、迎え角の変化及び、操舵板の角度により流れがどのように乱れるのかを可視化することで、問題点の把握が期待できる。

## 5.3 揚力・抗力の制御性についての考察

### 5.3.1 操舵力の評価方法

機体の慣性モーメントは $1000\text{kg} \cdot \text{m}^2$ 、操舵機構の位置は中心から約 15m 離れた位置を想定する。この場合 1 秒間に機体がヨー方向に  $x^\circ$  回転すると仮定すると必要な操舵力  $F$  は慣性モーメントの式から次の式のように求められる。

$$F = \frac{1000 \times 2 \times \frac{x}{180} \times \pi}{15}$$

以上から必要な操舵力  $F$  が求められるので、(迎え角,上操舵板の角度,下操舵板の角度)=(0,0,0)のときの揚力とほとんど変わらない揚力を生む一方で、(迎え角,上操舵板

の角度,下操舵板の角度)=(0,0,0)のときの抗力より  $F$  だけ大きい抗力を生むような(迎え角,上操舵板の角度,下操舵板の角度)の組を 4.3 測定結果のデータのグラフから求める。

### 5.3.2 操舵力の制御条件

例として、 $x=1$  の時、 $F$  は約  $2N$  となる。今回のデータでは(迎え角,上操舵板の角度,下操舵板の角度)=(0,0,0)の時、(揚力,抗力)=(0.7,0.2)なので、求める場合は(揚力,抗力)=(0.7,2.2)となる場合である。今回の場合、(迎え角,上操舵板の角度,下操舵板の角度)=(0,40,60),(2.5,40,60)が近い値をとるが本実験では理論値との誤差の理由が明確でないためさらなる実験が必要である。

一方実際の運用では、ヨー方向に機体が  $x^\circ$  回転することによって機体に垂直な方向の流速の速さは変化するので  $F$  を細かく調整する必要がある。

## 6. 結論

迎え角、上操舵角、下操舵角を制御することで、揚力を一定として抗力のみを変化させることが可能であることが明らかとなった。

一方実際の運用では、ヨー方向に機体が  $x^\circ$  回転することによって機体に垂直な方向の流速の速さは変化するので操舵力  $F$  を細かく調整する必要がある。

そのため、下操舵角の角度を  $60^\circ$  以上の場合及び、迎え角が  $2.5^\circ$  以上の場合についても実験を行い、求められる(迎え角,上操舵板の角度,下操舵板の角度)の組を増やすことが重要である。

本実験では理論値との誤差の原因が不明であり、現時点では利用できないが、今後ヨー方向の操舵方法として利用できる可能性はあると考えられる。

## 7. 参考文献

「航空力学の基礎 第3版」牧野 光雄

## 8. 謝辞

今回の風洞実験を通じてさらに理解を深めることができました。これはアドバイザー教員を引き受けてくださった尾崎先生をはじめ、吉田先生、川端先生、鈴木先生、木村先生のような諸先生方のお力添えのおかげです。心より深く感謝申し上げます。